

①

②

③

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl. 2:

G01N 21/22

DE 25 21 934 B 2

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

## Auslegeschrift 25 21 934

Aktenzeichen: P 25 21 934.5-52

Anmeldetag: 16. 5. 75

Offenlegungstag: 18. 11. 76

Bekanntmachungstag: 2. 3. 78

⑯

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

㉓

Bezeichnung:

Vorrichtung zur Bestimmung der Konzentrationen von Komponenten eines Abgasgemisches

㉔

Anmelder:

Erwin Sick GmbH Optik-Elektronik, 7808 Waldkirch

㉕

Erfinder:

Hartmann, Klaus, Dipl.-Phys. Dr., 8000 München;  
Braitenberg, Meinhard von, 8022 Grünwald

㉖

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-AS 17 72 064

DE-OS 23 21 405

DE-OS 22 59 782

DE-OS 22 18 536

DE-OS 21 30 331

DE-OS 16 23 071

berührt Kunststoff-Tröpfelrinne

DE 25 21 934 B 2

## Patentsprüche:

1. Vorrichtung zur Bestimmung der Konzentrationen von aus verschiedenen Gasen und gegebenenfalls Rauchteilen bestehenden Komponenten eines Abgasgemisches, mit

- a) einer optischen Strahlungsquelle zur Durchleuchtung des Abgasgemischs entlang einer Meßstrecke,
- b) einem die Strahlung in sich selbst zurückwerfenden Meßreflektor am Ende der Meßstrecke,
- c) Filtereinrichtungen im Wege der reflektierten Strahlung mit einer der Anzahl der Komponenten entsprechenden Zahl von jeweils in unterschiedlichen, für die Komponenten charakteristischen Spektralbereichen durchlässigen Filtern,
- d) optischen Elementen zur direkten Beaufschlagung der Filtereinrichtungen mit von dem Abgasgemisch unbeeinflusster Strahlung der Strahlungsquelle,
- e) einer photoelektrischen Wandleranordnung zur Erzeugung von Meßsignalen bzw. Referenzsignalen aus den die Filter nach Durchgang durch die Meßstrecke bzw. direkt durchsetzenden Strahlungsanteilen, sowie
- f) einer Auswerteschaltung zur Normierung der Meßsignale auf die jeweils zugehörigen, im selben Spektralbereich erhaltenen Referenzsignale und zur Berechnung der Konzentrationen der Komponenten aus den normierten Meßsignalen auf der Basis des Lambert-Beerschen Gesetzes, dadurch gekennzeichnet, daß
- g) die optischen Elemente einen zu vorgegebenen Zeiten vor der Meßstrecke (49) in den Strahlengang einschaltbaren und die Strahlung in sich zur Wandleranordnung (17) zurückwerfenden Vergleichsreflektor (2) umfassen,
- h) die Filtereinrichtungen Mittel (18, 80) zur aufeinanderfolgenden Einbringung der einzelnen Filter (23, 24, 25) sowie einer lichtundurchlässigen Blende (26) in die von dem Meß- bzw. dem Vergleichsreflektor (13 bzw. 22) zurückgeworfene Strahlung aufweisen,
- i) die Auswerteschaltung Einrichtungen (32, 47, 57) zur Kompensation des Dunkelstromanteils der Meß- bzw. Referenzsignale mit Hilfe des bei Anwesenheit der Blende (26) im Strahlengang erzeugten Dunkelstromsignals sowie Einrichtungen (51 bis 56) zur Speicherung der kompensierten Meß- und Referenzsignale beinhalten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (16), die Filtereinrichtungen (18, 80) und die Wandleranordnung (17) in einem Gehäuse (15) untergebracht sind, das durch ein Frontobjektiv (20) gegen die Meßstrecke (49) abgeschlossen ist und daß der Vergleichsreflektor (22) unmittelbar hinter dem Frontobjektiv (20) mittels eines schwenkbaren Hebelarms (58) in den Strahlengang einschaltbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem relativ kleinen Abstand vom Drehpunkt (59) des Hebelarms (58) eine Betätigungsstange (60) angelenkt ist, welche über eine Kurbel (61) von einem Motor in der einen oder

anderen Richtung antreibbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektoren (13, 22, 22') rückseitig aluminiumbedampfte Kunststoff-Tripelpreßlinge (95) sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der am Ende der Meßstrecke (49) angeordnete Meß-Reflektor (13) allseits vom Lichtbündel (50) überstrahlt ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquelle eine Quecksilberdampf-Niederdrucklampe (16) verwendet wird und die Filter (23, 24, 25) aus Farbglas-Kombinationen bestehen.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur aufeinanderfolgenden Einbringung der Filter (23, 24, 25) sowie der Blende (26) aus einer die Filter und die Blende in einer ersten Ringzone tragenden drehbaren Scheibe (18, 18') bestehen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zweiten Ringzone mit einer Lichtschranke (35) und einem Taktgeber (28) zusammenarbeitende Steuerschlitze (34) vorgesehen sind, von denen jeder einem Filter (23, 24, 25) bzw. der Blende (26) zugeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in einer dritten Ringzone eine mit einer Lichtschranke (37) und dem Taktgeber (28) zusammenarbeitende Steueröffnung (36) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an die Wandleranordnung (17) für jedes Meß- und Referenzsignal sowie für das Dunkelstromsignal jeweils ein eigener Signalkanal mit jeweils einem einstellbaren Verstärker (14 bis 47) angeschlossen ist und daß der Taktgeber (28) zur Entsperrung der Signalkanäle synchron mit dem Auftreten der Meß-, Referenz- und Dunkelstromsignale ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in den Signalkanälen vom Taktgeber (28) gesteuerte elektronische Schalter (27) vorgesehen sind, über welche die einstellbaren Verstärker (41-47) jeweils mit Halteschaltungen (51-57) verbindbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Multiplexschaltung (62) zur paarweisen aufeinanderfolgenden Abfragung der Halteschaltungen von einander entsprechenden Meß- und Referenzsignalen, weiter eine von den aufeinanderfolgenden Meß- und Referenzsignalpaaren beaufschlagte Logarithmier- und Quotientenbildnerstufe (63) sowie eine Demultiplexschaltung (64) zur Aufteilung der erhaltenen logarithmischen Verhältnissignale auf eine entsprechende Zahl von Speicherstufen (65-67) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am Meßreflektor (13) und/oder am Vergleichsreflektor (22, 22') fest einstellbare Irisblenden (81) angeordnet sind.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE-OS 21 30 331 ist bereits eine Vorrichtung zur nichtdispersiven optischen Konzentrationsbestim-

mung von Gas- und Rauchkomponenten in einem Gemisch verschiedener Gase und gegebenenfalls Rauch bekannt, wobei wenigstens eine der Anzahl der zu messenden Gas- und Rauchkomponenten entsprechende Anzahl von Wellenlängen durch das Gemisch geleitet, reflektiert und erneut durch das Gemisch geführt wird und die einzelnen Wellenlängen nach dem Durchgang durch das Gemisch empfangen und die Konzentrationen der einzelnen Komponenten nach dem Lambert-Beerschen Gesetz berechnet werden. Sämtliche Wellenlängen werden gleichzeitig in eine Anzahl von mit photoelektrischen Wandleranordnungen ausgestatteten Empfangskanälen ausgewertet. Nachteilig an der bekannten Vorrichtung ist, daß trotz des Vorliegens eines Vergleichsstrahlenganges das spektrale Driften der Anordnung nicht vollständig ausgeschaltet werden kann, weil beispielsweise die verwendeten teildurchlässigen Spiegel vom Meß- und Vergleichsstrahlenbündel in unterschiedlicher Weise beaufschlagt werden. Teilweise gehen Meß- und Vergleichsbündel überhaupt durch verschiedene optische Elemente hindurch, so daß auch ein frequenzunabhängiges Driften mit der Zeit hinzukommt. Der Einfluß der Dunkelströme wird bei der bekannten Anordnung überhaupt nicht berücksichtigt.

Weiter ist bereits eine Vorrichtung zur nicht dispersiven optischen Konzentrationsbestimmung von Rauchkomponenten in einem Gemisch verschiedener Gase bekannt (DE-OS 16 23 071), bei der eine direkte Reflexion der Strahlung abwechselnd vor dem Eintreten in das Gemisch und nach dem Durchlaufen desselben über den gleichen optischen Strahlengang zu einem Photoempfänger erfolgt und eine Speicherung eines elektrischen Vergleichssignals vorgenommen wird. Mittels einer Auswerteschaltung erfolgt eine Quotenbildung des von der Transmission beeinflussten Meßsignals und des gespeicherten Vergleichssignals. Mit dem bekannten Gerät ist jedoch lediglich eine Messung der Rauchdichte und nicht die Feststellung verschiedener Gaskomponente möglich. Auch die Bildung eines Dunkelstromsignals ist nicht vorgesehen.

Es ist auch schon eine Vorrichtung zur Überwachung eines fließfähigen Mediums insbesondere zur Bestimmung der Konzentration verschiedener Bestandteile einer Luft- oder Flüssigkeitsprobe bekannt, welche in erster Linie als Grubengasüberwachungsgerät in einem Bergwerk verwendet wird (DE-OS 23 21 405). Bei dem bekannten Gerät erzeugt eine Lichtquelle eine elektromagnetische Strahlung, die durch eine Probenkammer und durch mehrere Schmalbandfilter eines Filter-Zerhackerrades zu einem Strahlspalter gelenkt wird, der die im sichtbaren Bereich liegende Energie zu einem ersten Detektor und die im Infrarotbereich liegende Energie zu einem weiteren Detektor leitet. Das zu untersuchende Meßgas wird über ein Luftpfein- und -auslaßsystem in die geschlossene Probenkammer geleitet und dort analysiert. Dabei wird das Filterrad nicht nur zur spektralen Auftrennung des Lichtes sondern auch zur Gewinnung von Grundlinienausgangssignalen herangezogen, die als Dunkelströme bezeichnet werden können und von den abdeckenden Stegen zwischen den spektraltransparenten Filterbereichen gewonnen werden.

Das bekannte Gerät enthält jedoch keine Mittel, die vom Meßgas nicht beeinflusste Signale vom spektralen Ort der Meßwellenlänge liefern. Es werden vielmehr Bezugssignale aus der Nachbarschaft der Meßwellenlängen gewonnen und entsprechend der bekannten

Zwei-Frequenz-Meßtechnik verarbeitet, die aber das spektrale Driften nicht berücksichtigen kann.

Schließlich ist schon ein Spektrometer bekannt (DE-OS 22 59 782), bei dem zwei verschiedene Proben miteinander verglichen werden sollen. Dabei wird zunächst eine Referenzprobe in den Strahlengang gebracht, und die Transmissionswerte für verschiedene, die Referenzprobe nacheinander durchsetzende Wellenlängen werden gespeichert. Sodann wird die eigentliche Meßprobe in den Strahlengang gebracht, und die bei den gleichen Wellenlängen ermittelten Transmissionswerte dieser Probe werden durch die entsprechenden gespeicherten Referenzwerte dividiert. Eine Berücksichtigung des Dunkelstroms ist bei diesem bekannten Spektrometer ebenso wenig vorgesehen wie eine kontinuierliche Dauermessung einer Meßprobe. Es handelt sich vielmehr um ein diskontinuierliches Meßverfahren.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, bei der die Konzentrationsmessung weder durch Dunkelströme noch durch Drifteffekte beeinträchtigt wird, wobei auch ein spektral unterschiedliches Driften optischer Elemente sich nicht nachteilig auswirken soll.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale vorgesehen. Aufgrund dieser Ausbildung werden sowohl die Meß- als auch die Vergleichssignale laufend in Abhängigkeit von den vorhandenen Dunkelströmen korrigiert; erst dann werden die bereits korrigierten Meß- und Vergleichssignale miteinander verglichen. Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß, da sowohl das Meß- als auch das Vergleichsstrahlenbündel sämtliche optischen Elemente mit Ausnahme des Meß- und Vergleichsreflektors in vollständig gleicher Weise durchlaufen, auch jedes spektrale Driften vermieden wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Unteransprüche gekennzeichnet.

Die Maßnahme des Anspruchs 5 ist durch die DE-AS 17 72 064 an sich bekannt. Die feste Anordnung eines Vergleichsreflektors außerhalb des direkten Strahlenganges und dessen wahlweise Beaufschlagung durch einen Strahlenteiler und Abdeckung durch eine Blende ist aus der DE-OS 22 18 536 bekannt.

Aufgrund der durch den Anspruch 12 gekennzeichneten Multiplex-Schaltungen ist es ermöglicht, daß die Meß- und Vergleichssignale bei gleichen Grundbedingungen nur paarweise, nicht aber sämtlich auf den gleichen Pegel eingeregelt sein müssen. Dies hat den Vorteil, daß anders als gemäß Anspruch 10 für jede Meßwellenlänge nur ein Abgleichverstärker erforderlich ist.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt Fig. 1 ein Funktionsschema einer bevorzugten Vorrichtung und Schaltung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 eine schematische Stirnansicht des bei der Vorrichtung nach Fig. 1 verwendeten Filterrades.

Fig. 3 die Stirnansicht einer praktischen Verwirklichung des Lichtsender-Empfängers der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung.

Fig. 4 ein Impulsdiagramm der von dem Filterrad angesteuerten Photoempfänger.

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer abgewandelten Anordnung des Vergleichsreflektors, welche statt

des seitlich einschwenkbaren Vergleichsreflektors nach Fig. 1 und 3 verwendet werden kann.

Fig. 6 einen Schnitt des bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Tripelreflektors und

Fig. 7 ein schematisches Blockschaltbild der bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Rechenschaltung.

Nach Fig. 1 weist die Vorrichtung einen auf der einen Seite eines Kamins 72 befestigten Lichtsender-Empfänger 11 und einen auf der gegenüberliegenden Seite des Kamins 72 befestigten Reflektorkopf 12 auf, der aus einem Gehäuse 14 und einem an dessen Stirnseite angeordneten Retroreflektor 13 besteht. Zum Durchgang der Lichtbündel weist der Kamin 72 im Bereich des Lichtsender-Empfängers 11 und des Reflektorkopfes 12 Öffnungen 74, 75 auf.

Das Gehäuse 14 des Reflektorkopfes 11 und ein Anschlußstutzen 76, der das Gehäuse 15 des Lichtsender-Empfängers 11 mit dem Kamin 72 verbindet, sind mit Spülluft-Zuführungsstutzen 71 versehen, durch welche in Richtung der Pfeile 1 Spülluft eingeblasen wird, die verhindert, daß Verunreinigungen aus dem Kamin 72 in den Anschlußstutzen 76 bzw. an das Frontobjektiv 20 gelangen und sich dort absetzen.

Im Gehäuse 15 des Lichtsender-Empfängers 11 ist eine vorzugsweise durch eine Quecksilberdampf-Niederdrucklampe gebildete Strahlungsquelle 16 angebracht, welche über den Kondensor 19 und einen Strahlenteilerspiegel 77 ein in der Stirnwand des Gehäuses 15 angeordnetes Frontobjektiv 20 ausleuchtet. Aus dem Frontobjektiv 20 tritt ein nahezu paralleles und vorzugsweise leicht divergentes Lichtbündel 50 aus, das den Anschlußstutzen 76, den mit Rauchgasen 49 durchsetzten Kamin 72 und schließlich das Gehäuse 14 des Reflektorkopfes 13 durchquert, um auf den vorzugsweise aus Tripeln bestehenden Retroreflektor 13 aufzutreffen. Wesentlich ist, daß das Lichtbündel 50 am Ort des Reflektors 13 im Durchmesser größer dimensioniert ist als der Retroreflektor 13, so daß in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise eine allseitige Überstrahlung des Reflektors 13 vorliegt. Auf diese Weise ändert sich der vom Reflektor 13 zurückgeworfene Lichtstrom nicht, wenn gewisse Relativverschiebungen oder Verkippen zur optischen Achse zwischen Reflektorkopf 12 und Lichtsender-Empfänger 11 auftreten.

Aufgrund der Dimensionierungsverhältnisse des Lichtbündels 50 und des Retroreflektors 13 weist das reflektierte Bündel 78 einen geringeren Durchmesser als das vom Sender ausgehende, ebenfalls nahezu parallele Bündel 50 auf.

Das reflektierte Bündel 78 wird durch das Objektiv 20 und nach Reflexion an dem Strahlenteilerspiegel 77 auf einem Photoempfänger 17 konzentriert, vor dem ein Filterrad 18 mit zum auffallenden Licht paralleler Drehachse 79 angeordnet ist. Das Filterrad 18 wird durch einen Motor 80 zu einer Drehbewegung angetrieben.

Vor das Filterrad ist gemäß Fig. 1 auch noch ein Kontrollfilter 23 einschiebbar, welches einer vorbestimmten Komponentenverteilung der Abgas 49 entspricht und zur Prüfung der Vorrichtung auf Funktionsfähigkeit dient.

Nach Fig. 2 enthält das Filterrad 18 als wesentliche Elemente drei sich über jeweils einen Winkel von etwas weniger als 90° erstreckende in Umfangsrichtung längliche Filter 23, 24, 25, welche bei Verwendung einer Quecksilberdampf-Niederdrucklampe als Strahlungsquelle 16 lediglich aus Farbglass-Kombinationen beste-

hen, deren Aufgabe es ist, nur eine der drei Wellenlängen 313 nm (Filter 23), 435 nm (Filter 24) und 546 nm (Filter 25) durchzulassen, die beiden jeweiligen anderen Wellenlängen jedoch zurückzuhalten.

Aufgrund der Verwendung einer selektiven Strahlungsquelle 16 zur spektralen Trennung brauchen also keine aufwendigen und im UV nur wenig transparenten Interferenzfilter verwendet zu werden, wie das bei einer breitbandigen Strahlungsquelle erforderlich wäre. Vielmehr genügen die sehr gut durchlässigen und wenig aufwendigen Farbglasskombinationen.

Der vierte Quadrant des Filterrades 18 ist nach Fig. 2 mit einer Dunkelzone 26 versehen, welche den Dunkelstrom des Photoempfängers 17 definiert und damit eine Basis für die Messung der von den Filtern 23, 24, 25 durchgelassenen Lichtmengen bildet.

Nach Fig. 1 gelangen die Filter 23, 24, 25 bzw. die Dunkelzone 26 bei einer Drehung des Filterrades 18 nacheinander in den zum Photoempfänger 17 verlaufenden Strahlengang.

Auf einem weiter innen liegenden Umfang des Filterrades 18 sind sich ebenfalls über jeweils etwas weniger als 90° erstreckende in Umfangsrichtung längliche Schlitze 34 angeordnet, von denen jeder einem der Filter bzw. der Dunkelzone 26 zugeordnet ist. Die räumliche Zuordnung muß nicht so wie in Fig. 2 dargestellt sein, sie hängt von der Anordnung der mit den Schlitzen 34 zusammenwirkenden Lichtschranke 35 entlang des Umfanges ab. Zweck der Umfangsschlitze 34 ist es, ein Taktsignal zu erzeugen, welches eine weiter unten noch zu beschreibende Elektronik während der Anordnung des zugeordneten Filters bzw. der Dunkelzone in geeigneter Weise aktiviert.

Schließlich ist auf einem dritten, zwischen dem ersten und zweiten liegenden Umfang noch eine kleine runde Steueröffnung 36 vorgesehen, welche mit einer weiteren, in Fig. 1 schematisch dargestellten Lichtschranke 37 zusammenarbeitet und zur Erzeugung eines Rückstellungssignals für den Taktgeber und damit zur Kennzeichnung für den jeweiligen Zyklusbeginn dient.

Statt der Schlitze 34 und der Steueröffnung 36 können auch entsprechende Reflexmarken vorgesehen sein, die mit Reflexionslichtschranken zusammenarbeiten. Außerdem kann zur Erhöhung der Anzahl zu messender Gaskomponenten auch die Zahl der im Filterrad 18 angeordneten Filter erhöht werden. In der dargestellten Form und mit den weiter oben definierten Filtern 23, 24, 25 ermöglicht es das Filterrad, die Rauchkomponente und die Gaskomponenten SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> im Abgas 49 des Kamins 72 zu ermitteln.

Das reflektierte Lichtbündel 78 wird also bei Drehung in Richtung des Pfeiles F in Fig. 2 nacheinander in die drei Wellenlängen 546 nm, 435 nm und 313 nm zerlegt. Wie weiter unten noch im einzelnen beschrieben wird, ist es für die einfache Auswertung wesentlich, daß die Gaskomponente SO<sub>2</sub> nur bei der Wellenlänge 313 nm absorbiert. Um eine Querempfindlichkeit zur sehr breitbandigen Absorption des NO<sub>2</sub> für die SO<sub>2</sub>-Messung auszuschließen und um die Konzentration dieser Komponente selbst anzeigen zu können, wird sie mit Licht der Wellenlänge 435 nm direkt gemessen. Der Einfluß des Feststoffgehalts im Rauchgas auf die Messung bei diesen Wellenlängen läßt sich durch die Bildung eines Referenzsignals bei der Wellenlänge 546 nm ebenfalls eliminieren, wie im folgenden noch im einzelnen beschrieben werden wird.

Der Photoempfänger 17 ist vorzugsweise ein Photo-Multiplier.

Zur vollständigen Driftkompensation ist zwischen dem Lichtsender-Empfänger 11 und der Eintrittsöffnung 74 im Kamin 72 ein Vergleichsreflektor 22 vorgesehen, der zweckmäßig genauso wie der Reflektor 13 als Tripelreflektor ausgebildet ist. Gemäß Fig. 1 ist der Vergleichsreflektor 22 normalerweise neben dem Strahlengang angeordnet. Er ist jedoch in Richtung des Doppelpfeiles  $F'$  in die in strichpunktlierten Linien in Fig. 1 dargestellte Lage innerhalb des Strahlenganges verschiebbar, derart, daß das auf ihn auftreffende Lichtbündel 50 in sich selbst zurückreflektiert wird. Am zweckmäßigsten ist die Anordnung so wie in Fig. 1 dargestellt, d. h., daß der Vergleichsreflektor 22 sich unmittelbar vor dem Frontobjektiv 20 des Lichtsender-Empfängers 11 befindet, wenn er in den Strahlengang eingeschoben ist. Die bei 71 eingeleitete Spülluft hält somit auch den Vergleichsreflektor 22 von etwaigen Verschmutzungen frei.

Sofern durch das Frontobjektiv 20 selbst eine insbesondere wellenlängenabhängige Drift nicht zu befürchten ist, was bei einer Reihe von Anwendungen der Fall sein dürfte, kann der Vergleichsreflektor 22 auch im Inneren des Gehäuses 15, d. h. hinter dem Frontobjektiv 20 angeordnet werden.

Fig. 3 zeigt eine Stirnansicht des Lichtsender-Empfängers 11, mit einer bevorzugten Schwenkanordnung des Vergleichsreflektors 22. An einem unmittelbar neben dem Frontobjektiv 20 mit einer parallel zur optischen Achse verlaufenden Drehachse 59 angelenkten Hebelarm 58 ist der Vergleichsreflektor 22 befestigt. Mittels einer nur schematisch angedeuteten Betätigungsstange 60, welche in geringem Abstand von der Drehachse 59 am Hebelarm 58 angreift, kann beispielsweise über eine Kurbel 61, welche von einem nicht dargestellten Motor angetrieben ist, ein Drehmoment auf den Hebelarm 58 ausgeübt werden, welches zum Einschwenken des Reflektors 22 in den Strahlengang aus dem Frontobjektiv 20 führt.

Nach Fig. 5 kann aber auch beispielsweise ein seitlich des Strahlenganges parallel zu diesem verlaufender Vergleichsreflektor 22 fest angeordnet sein, wobei ein Spiegel 40 das Lichtbündel 50 zum Vergleichsreflektor 22 hin umlenkt.

Um nun wahlweise den am Ende der Meßstrecke 49 vorgesehenen Meßreflektor 13 und den Vergleichsreflektor 22 beaufschlagen zu können, kann entweder der Umlenkspiegel 40 in Richtung des Doppelpfeiles  $F'$  aus dem Parallelbündel 50 herausgeschoben oder -schwenkbar angeordnet sein oder der Spiegel 40 wird als fest angeordneter Strahlenteilerspiegel ausgebildet, welcher also ein Teil des auftreffenden Lichtbündels 50 durchläßt, einen anderen Teil zum Vergleichsreflektor 22 hin umlenkt. Damit zu einer bestimmten Zeit nur einer der beiden Reflektoren 13 oder 22 beaufschlagt wird, kann eine Schwenkblende 39 vorgesehen sein, die entweder in der in Fig. 5 in ausgezogenen Linien dargestellten Lage den Lichtstrom zum Retroreflektor 13 unterbricht oder nach dem Herumschwenken auf einer Schwenkbahn 48 in die in gestrichelten Linien dargestellte Lage 39' gelangt, wo das Lichtbündel zum Meßreflektor 13 gelangen kann, das Licht zum Vergleichsreflektor 22 jedoch durch die Schwenkblende 39' unterbrochen ist. Besonders vorteilhaft wird in dieser Ausführungsform als fest angeordneter Strahlenteilerspiegel 40 der bereits im Sender-Empfänger-Gehäuse montierte Strahlenteiler 77 eingesetzt. An der Stelle des Objektivs 20 würde dann der Kondensor 19 liegen. Von Vorteil ist hierbei die geringere bewegte

Masse der Blende 39'. Wegen Verwendung des Tripelreflektors 22 ist auch die Justierung unproblematisch.

An irgendeiner Stelle des beim Umschalten von Messen auf Vergleich beweglichen Teiles, z. B. am Vergleichsreflektor 22 nach Fig. 1 ist ein Kontaktstück oder ein Nocken 29 angeordnet, welcher mit einem Kontaktgeber 30 derart zusammenarbeitet, daß einem Taktgeber 28 bei eingeschobenem Vergleichsreflektor 22 ein diesbezügliches Signal zugeführt wird. Der Taktgeber 28 kann mit anderen Worten jederzeit erkennen, ob der Vergleichsreflektor 22, 22' wirksam ist oder nicht.

Im folgenden Teil wird der elektronische Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben.

Am Photoempfänger 17 ist ein nach Masse geführter Lastwiderstand 38 angeordnet, an dem eine einem Vorverstärker 21 zugeführte Spannung abgegriffen ist.

Der Ausgang des Vorverstärkers weist eine verstärkte Spannung  $U_V$  auf, die einer Kanalabgleichstufe zugeführt ist. Das Ausgangssignal des Vorverstärkers 21 wird parallel sieben Verstärkern 41, 42, 43, 44, 45, 46 und 47 mit Abgleich zugeführt. Diese Aufteilung des Ausgangssignals des Spannungsverstärkers 21 setzt bereits eine später erfolgende Kanaltrennung voraus.

Die Verstärker 41, 42, 43 sind den drei Wellenlängen 313, 435 und 546 nm bei in den Strahlengang eingeschwenktem Vergleichsreflektor 22, 22' zugeordnet. Die Verstärker 44, 45, 46 sind jeweils einer der drei vorgenannten Wellenlängen bei aus dem Strahlengang ausgeschwenktem Vergleichsreflektor 22, d. h. bei wirksamen Meßreflektor 13 zugeordnet.

Der siebte Verstärker 47 mit Abgleich gehört zu der Dunkelzone 26 des Filterrades und dient der Schaffung einer Basis für die Messung bei den einzelnen Wellenlängen mit Meß- bzw. Vergleichsreflektor im Strahlengang.

Die Ausgangssignale der Verstärker 41 bis 47 mit Abgleich werden einzeln einem elektronischen Schalter 27 zugeführt, der durch einen Taktgeber 28 angesteuert wird, welcher Steuersignale  $U_R$  von der Lichtschranke 37 und  $U_T$  von der Lichtschranke 35 am Filterrad 18 empfängt und außerdem über den Kontaktgeber 30 die Wirksamkeit oder Nichtwirksamkeit des Vergleichsreflektors 22 feststellt.

Jeder Meßwellenlänge ist sowohl für wirksamen als auch für nicht wirksamen Vergleichsreflektor 22 im Schalter 27 ein Haltekreis 51, 52, 53, 54, 55, 56 zugeordnet. Ein siebter Haltekreis 57 speichert das für den Dunkelstrom repräsentative Signal ab und führt es über einen Impedanzwandler 32 zwecks Bildung einer Basis an den Eingang der Kanalabgleichstufe 31 zurück.

Die Tastung durch den Taktgeber 28 geht wie folgt vor sich, wobei auf das Impulsdiagramm nach Fig. 4 Bezug genommen wird:

Am Schluß eines Abtastzyklus liest die Steueröffnung 36 ein im untersten Diagramm in Fig. 4 schematisch veranschaulichtes Impulssignal über die Lichtschranke 37 aus, das als Signal  $U_R$  dem Taktgeber 28 signalisiert, daß ein neuer Abtastzyklus beginnen soll.

Tritt nunmehr die Dunkelzone 26 in den Strahlengang zum Photoempfänger 17 ein, so wird der Haltekreis 57 im Schalter 27 mit dem Abgleichverstärker 47 verbunden, derart, daß über den Impedanzwandler 32 eine definierte Basis für den folgenden Meßvorgang geschaffen wird, welche im obersten Diagramm der Fig. 4 mit  $D$  bezeichnet ist.

Sobald nun das Filter 25 in den Strahlengang eintritt,

bewirkt der diesem zugeordnete Steuerschlitz 34 durch Auslösung eines zweiten Impulssignals  $U_7$  an der Lichtschranke 35 (mittleres Diagramm in Fig. 4), daß der Abgleichverstärker 46 mit dem Haltekreis 56 verbunden wird. Bei Beendigung des ersten Impulses  $U_7$  ist bereits der Abgleichverstärker 47 vom Haltekreis 57 getrennt worden.

Über den Abgleichverstärker 46 wird nunmehr das durch Reflexion am Meßreflektor 13 hervorgerufene Meßsignal bei der Wellenlänge 546 nm gemäß dem obersten Diagramm in Fig. 4 im Haltekreis 56 abgespeichert. Beim Eintreten der Filter 24 bzw. 23 in den Strahlengang wiederholt sich dieses Spiel, und es werden gemäß dem obersten Diagramm in Fig. 4 die Signale  $U_7$  für die Wellenlängen 435 nm bzw. 313 nm in den Haltekreisen 53 bzw. 54 abgespeichert.

Während des Messens wiederholen sich diese Zyklen ständig, wobei die Ausgangssignale 7, 3, 2 und 1 des Taktgebers 28 zyklisch die Haltekreise 57, 56, 53 bzw. 54 mit den Abgleichverstärkern 47, 46, 45, 44 verbinden.

Im Abstand von etwa 10 Minuten wird der Vergleichsreflektor 22 in den Strahlengang eingeschoben. Hierbei signalisieren die Kontakte 29, 30 dem Taktgeber 28, daß von »Messen« auf »Vergleich« umgeschaltet worden ist. Hierdurch ändert sich die Arbeitsweise des Taktgebers 28 in der Weise, daß nunmehr seine Ausgänge 7, 6, 5 und 4 zyklisch die Haltekreise 57, 53, 52 und 51 mit den Abgleichverstärkern 47, 43, 42 bzw. 41 verbinden. Das Impulsbild ist dann im wesentlichen das gleiche wie nach Fig. 4 mit dem einen Unterschied, daß die Höhen der den einzelnen Wellenlängen zugeordneten Vergleichsimpulse gegenüber der Einstellung »Messen« unterschiedlich, und zwar höher sind.

Durch in Klammern gesetzte Bezugszahlen ist in dem Impulsdiagramm der Fig. 4 angedeutet, welchen Steueröffnungen bzw. Filterzonen des Filtrerrades nach Fig. 2 die einzelnen Impulse zugeordnet sind.

Am Ausgang des Schalters 27 stehen somit an den Haltekreisen 51 bis 56 ständig sechs Signale zur Verfügung, von denen die Signale  $U_1'$ ,  $U_2'$  und  $U_3'$  den empfangenen Signalen für die einzelnen Wellenlängen 313, 435 bzw. 546 nm bei eingeschobenem Vergleichsreflektor 22 entsprechen, während die Signale  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$  für die Wellenlängensignale 313, 435 bzw. 546 nm bei wirksamem Meßreflektor 13 repräsentativ sind.

Aufgrund der Abgleichmöglichkeit in den Verstärkern 41–47 können durch einen Abgleich vor Inbetriebnahme des Gerätes sämtliche Ausgangssignale der Haltekreise 51 bis 56 auf gleiches Niveau gebracht werden. Dies gilt nicht nur für die einzelnen Wellenlängensignale im Vergleich zueinander, sondern insbesondere für die bei Einschaltung des Vergleichsreflektors einerseits und Wirksamkeit des Meßreflektors andererseits erscheinenden Ausgangssignale. Auf diese Weise können z. B. auch unterschiedliche Reflexionseigenschaften des Meßreflektors 13 und des Vergleichsreflektors 22 auf einfachste Weise ohne weiteres ausgeglichen werden.

Zur Schaffung eines Grobausgleichs zwischen Meß- und Vergleichssignalen können vor den Reflektoren auch noch fest einstellbare Irisblenden (81 in Fig. 6) vorgesehen werden, mittels deren beide Reflektoren im wesentlichen auf gleiche Reflexionsintensität voreingestellt werden können.

Die Auswertung der Signale  $U_1'$  bis  $U_3$  erfolgt in einer Rechenschaltung 33, die im folgenden an Hand von Fig. 7 beschrieben wird:

Die Signale  $U_1'$ ,  $U_2'$ ,  $U_3'$ ,  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$  werden nach Fig. 7 einer Abfrageschaltung 62 zugeführt, die einen Schalter 82 mit internem Taktgeber enthält, auf Grund dessen in der in Fig. 7 schematisch veranschaulichten Weise die Meß- und Vergleichssignale  $U_1'$ ,  $U_1$  bzw.  $U_2'$ ,  $U_2$  bzw.  $U_3'$ ,  $U_3$  nacheinander paarweise einer anschließenden Divisions- und Logarithmierungsstufe 63 zugeführt werden. Am Ausgang dieser Stufe 63 erscheint dann ein für die Transmission bei der betreffenden Wellenlänge repräsentatives Signal  $E_1$ ,  $E_2$  oder  $E_3$ , je nachdem, welches drei Paare gerade an der Stufe 63 anliegt. Diese Signale  $E_i$  werden einer Verteilerstufe 64 zugeführt, welche ebenfalls von dem im Schalter 82 eingebauten internen Taktgeber über eine schematisch dargestellte Leitung 83 gesteuert ist. Auf Grund dieser Steuerung werden die für die einzelnen Wellenlängen repräsentativen Extinktionssignale  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  auf Haltekreise 65, 66 bzw. 67 gegeben, in denen sie abgespeichert werden. Als Haltekreise werden vorzugsweise Kondensatorspeicher mit Operationsverstärker verwendet.

In einer anderen geeigneten Ausführungsform könnte unter Verzicht auf den Schalter 82 in drei getrennten Divisions- und Logarithmierungsstufen 63 eine jeweils paarweise Verarbeitung der Meß- und Vergleichssignale  $U_1'$ ,  $U_1$  bzw.  $U_2'$ ,  $U_2$  bzw.  $U_3'$ ,  $U_3$  gleichzeitig vorgenommen werden, was eine direkte Weiterverarbeitung der Extinktionssignale  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  in der nachfolgend beschriebenen Rechenstufe 68 ohne vorherige Zwischenspeicherung in den Haltekreisen 65, 66 und 67 ermöglichen würde.

Auf Grund der beschriebenen Bildung und Verarbeitung der vom Photoempfänger 17 aufgenommenen Signale sind die in den Haltekreisen 65, 66, 67 abgespeicherten Transmissionsignale vollständig driftunabhängig und querempfindlichkeitsfrei. Dies ist darauf zurückzuführen, daß in den Vergleichssignalen  $U_1'$ ,  $U_2'$  und  $U_3'$  sämtliche Komponenten, wie spektrale Empfindlichkeit des Photoempfängers 17 und spektrales Emissionsvermögen der Strahlungsquelle 16 enthalten sind, so daß diese, das Driften hervorrufenden Komponenten bei der vorgenommenen Division herausfallen. Auf Grund dieser Division machen sich auch Änderungen im Transmissionsverhalten der verwendeten optischen Bauteile bei der Messung nicht störend bemerkbar. Insbesondere haben Alterungserscheinungen bei Lampe und Multiplier keinen Einfluß mehr auf die Messung. Besonders hervorzuheben ist, daß der Vergleich stets bei ein und derselben Wellenlänge erfolgt, so daß Störungen durch unterschiedliche Drift bei verschiedenen Wellenlängen ausgeschlossen sind.

Der Kanalabgleich in der Stufe 31 entspricht einer elektronischen Glättung der im wesentlichen durch die Strahlungsquelle 16 und den Photoempfänger 17 bestimmten Kennlinie des Gerätes. Bemerkenswert ist, daß außer Unterschieden im Reflexionsverhalten von Meß- und Vergleichsreflektor 13, 22 auch spektrale Unterschiede für die einzelnen Wellenlängen individuell ausgeglichen werden können, was eine erhebliche Vereinfachung in der Reflektorenherstellung und -einstellung bedeutet.

An die Haltekreise 65, 66, 67 schließt sich eine Rechenstufe 68 an, in der aus den korrigierten und driftunabhängigen Extinktionswerten  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  die Konzentrationen von Rauch,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_2$  berechnet werden.

Bei Messung von Rauch,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_2$  im Kamin 72 und Verwendung der Wellenlängen 313, 435 und 546 nm

ergeben sich für die als Extinktionen  $E_i$  bezeichneten logarithmierten Transmissionswerte die folgenden Beziehungen:

$$E_1 = E_R + {}^1k_{SO_2} \cdot c_{SO_2} \cdot L + {}^1k_{NO_2} \cdot c_{NO_2} \cdot L, \quad (2)$$

$$E_2 = E_R + {}^2k_{NO_2} \cdot c_{NO_2} \cdot L, \quad (3)$$

$$E_3 = E_R + {}^3k_{NO_2} \cdot c_{NO_2} \cdot L. \quad (4)$$

In diesen Formeln bedeuten  $E_R$  die Rauchextinktion,  $c$  die Konzentration des mit einem Index gekennzeichneten Gases,  $k$  der spektrale Absorptionskoeffizient für das betreffende Gas bei den obengenannten Wellenlängen 1, 2 bzw. 3 und  $L$  die Länge des Meßweges. Die Rauchextinktion  $E_R$  hängt mit dem Staubgehalt  $c_R$  wie folgt zusammen:

$$E_R = k_R \cdot c_R \cdot L.$$

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß  $L$  und  $k$  Konstanten sind, ergibt sich ein Maß für die Konzentration von  $NO_2$  auf Grund folgender Rechnung:

$$f(c_{NO_2}) = E_2 - E_3 = \bar{E}_2 = L \cdot c_{NO_2} ({}^2k_{NO_2} - {}^3k_{NO_2}). \quad (5)$$

Ein Maß für die Rauchkonzentration erhält man auf Grund folgender Berechnung:

$$f(c_R) = E_3 - \beta \cdot \bar{E}_2 = \bar{E}_3 = E_R, \quad (6)$$

wobei

$$\beta = \frac{{}^3k}{{}^2k - {}^3k}. \quad (7)$$

Die Konzentration von  $SO_2$  kann schließlich nach folgender Formel ermittelt werden:

$$f(c_{SO_2}) = E_1 - \gamma \cdot \bar{E}_2 - E_3 = L \cdot c_{SO_2} \cdot k_{SO_2}, \quad (8)$$

wobei

$$\gamma = \frac{{}^1k - {}^3k}{{}^2k - {}^3k}. \quad (9)$$

Um die vorstehend genannten Rechnungen durchzuführen, ist der Ausgang des Haltekreises 67 über eine Invertierungsstufe 84 und einen Widerstand 85 mit dem einen Eingang einer Differenzbildungsstufe 86 verbunden. Der Ausgang des Haltekreises 66 führt über einen Widerstand 87 zum invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers 88, der zugleich über den Regelwiderstand 89 mit dem Ausgang der Invertierungsstufe 84 verbunden ist.

Der Ausgang des Operationsverstärkers 88 ist außerdem über einen Regelwiderstand 90 mit dem anderen Eingang der Differenzbildungsstufe 86 verbunden.

Der Ausgang des Haltekreises 65 liegt über einen Widerstand 94 am Eingang des Operationsverstärkers 91, welcher außerdem über Regelwiderstände 92 und 93 mit den Ausgängen der Invertierungsstufe 84 und des Operationsverstärkers 88 verbunden ist. Auf Grund dieser Schaltung erscheint am Ausgang des Operationsverstärkers 91 ein für die Konzentration von  $SO_2$  am Ausgang des Operationsverstärkers 88 ein für die

Konzentration von  $NO_2$  und am Ausgang der Differenzbildungsstufe 86 ein für die Konzentration von Rauch repräsentatives Signal.

Die obengenannten Werte der Koeffizienten  $\beta$  bzw.  $\gamma$  werden durch das Verhältnis der Widerstände 92 und 94 bzw. 85 und 90 auf die oben definierten Werte fest eingestellt. Der einmalige Abgleich erfolgt auf meßgas- und rauchfreier Strecke in einfacher Weise so, daß bei eingeschwenktem Kontrollfilter 73 die von diesem repräsentierten Konzentrationswerte angezeigt werden.

An die drei Ausgänge der Rechenschaltung 33 kann sich dann gemäß Fig. 1 ein Anzeigegerät 69 anschließen, welches z. B. nach erfolgter Spannungsstromwandlung als Dreifachschreiber mit einem jeweiligen Anzeigebereich 0 bis 20 mA entsprechend vorgegebenen Konzentrationsbereichen ausgebildet sein kann, damit Konzentrationsänderungen stetig verfolgt werden können.

Nach Fig. 1 werden die Strahlungsquelle 16, die Antriebe für Filterrad und Vergleichsreflektoranordnung, die Lampen der Lichtschranken sowie die gesamte Elektronik von einem gemeinsamen Netzgerät 70 gespeist.

Die Anordnung des Vergleichsreflektors außerhalb des eigentlichen Optikgehäuses 15 gemäß Fig. 3 hat den Vorteil, daß auch die Transmissionseigenschaften des Austrittsfensters, die sich z. B. durch eine Belagbildung ändern können, in die Driftkompensation einbezogen werden.

Die Information über die Stellung des Vergleichsreflektors für den Taktegeber kann durch eine mitlaufende Nockenscheibe gegeben werden, welche ein Relais einschaltet, sobald der Vergleichsreflektor 22 sich im Strahlengang befindet.

Nach Fig. 6 ist der verwendete Tripelreflektor 13 bzw. 22 speziell ausgebildet. Üblicherweise werden Retroreflektoren nach dem Tripelprinzip als geschliffene oder gepreßte Glas- bzw. Kunststofftripel ausgeführt, in die das Licht über eine Planfläche eintritt und nach Totalreflexion an den inneren Tripelflächen mit einem gewissen seitlichen Versatz in sich umgelenkt wieder austritt. Für die Zwecke der Erfindung sind solche Tripel wenig geeignet, da die notwendige UV-Durchlässigkeit mit gepreßten Kunststofftripeln kaum und über geschliffene Quarzglas- oder Tripel nur sehr aufwendig erreicht werden kann.

Gemäß Fig. 6 kann eine weniger aufwendige, gleichwohl aber sehr funktionstüchtige Anordnung dadurch erreicht werden, daß die Rückseite eines üblichen Kunststoff-Tripelpräbings 95 nach einem besonderen Reinigungsvorgang mit einer Aluminiumbedampfung 96 versehen wird. Die auf diese Weise geschaffene Oberfläche wirkt wie ein klassischer Tripel, reflektiert jedoch auch in gleicher Weise im ultravioletten Bereich. Durch eine zusätzliche Bedampfung mit einer besonderen UV-durchlässigen Schutzschicht aus Magnesiumfluorid werden Änderungen der Reflexionseigenschaften durch Alterung der Aluminiumschicht wirksam vermieden. Der so beschaffene Tripelreflektor 95 ist in einer Halterung in der dargestellten Weise so gefaßt, daß die empfindlichen Tripelspitzen frei liegen. Eine vor dem Tripelreflektor 95 angeordnete Irisblende 81 kann zur Veränderung der reflektierenden Fläche mehr oder weniger zugezogen und in der Endstellung fixiert werden.

Zweckmäßig wird die gesamte Anordnung durch ein ultraviolett-durchlässiges Fenster 98 abgedeckt.

Fig.1

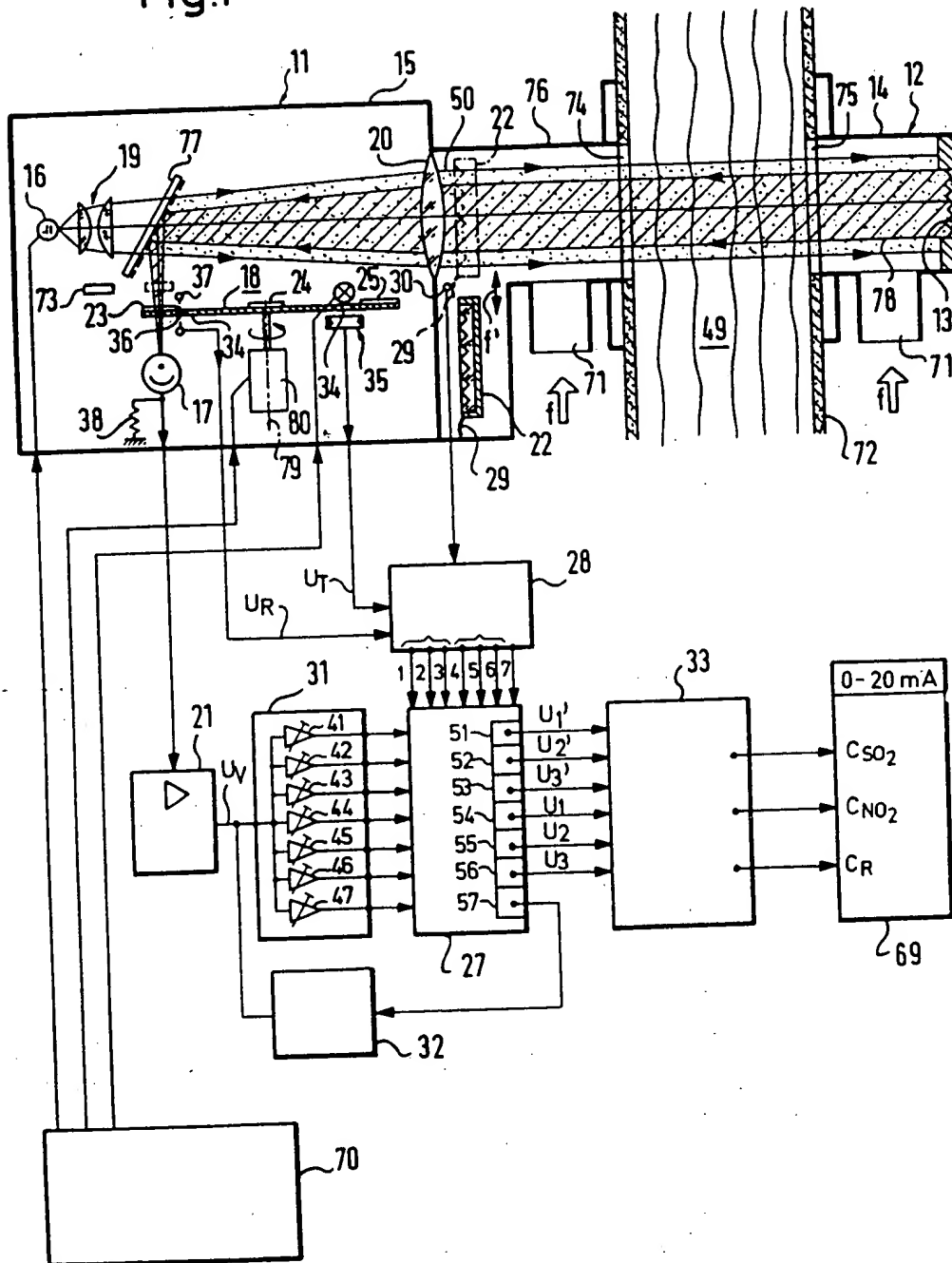




Fig.2

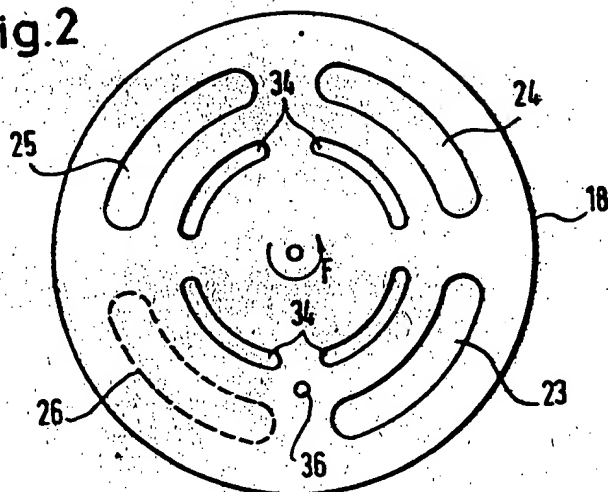


Fig.3

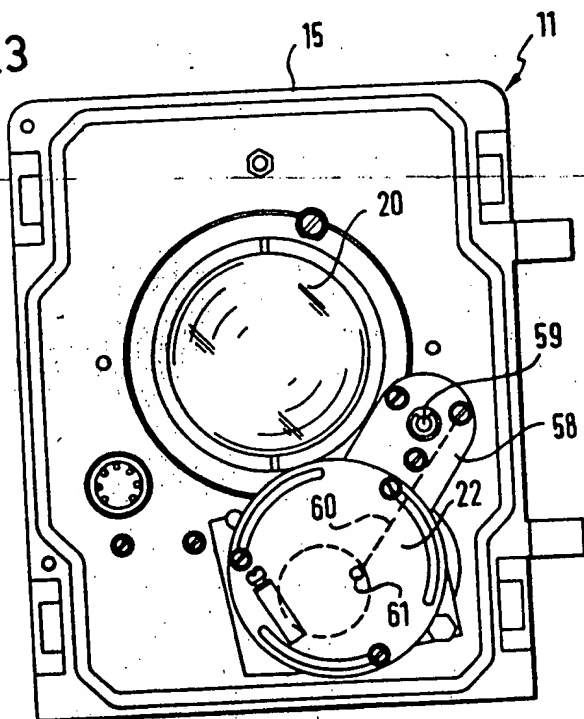
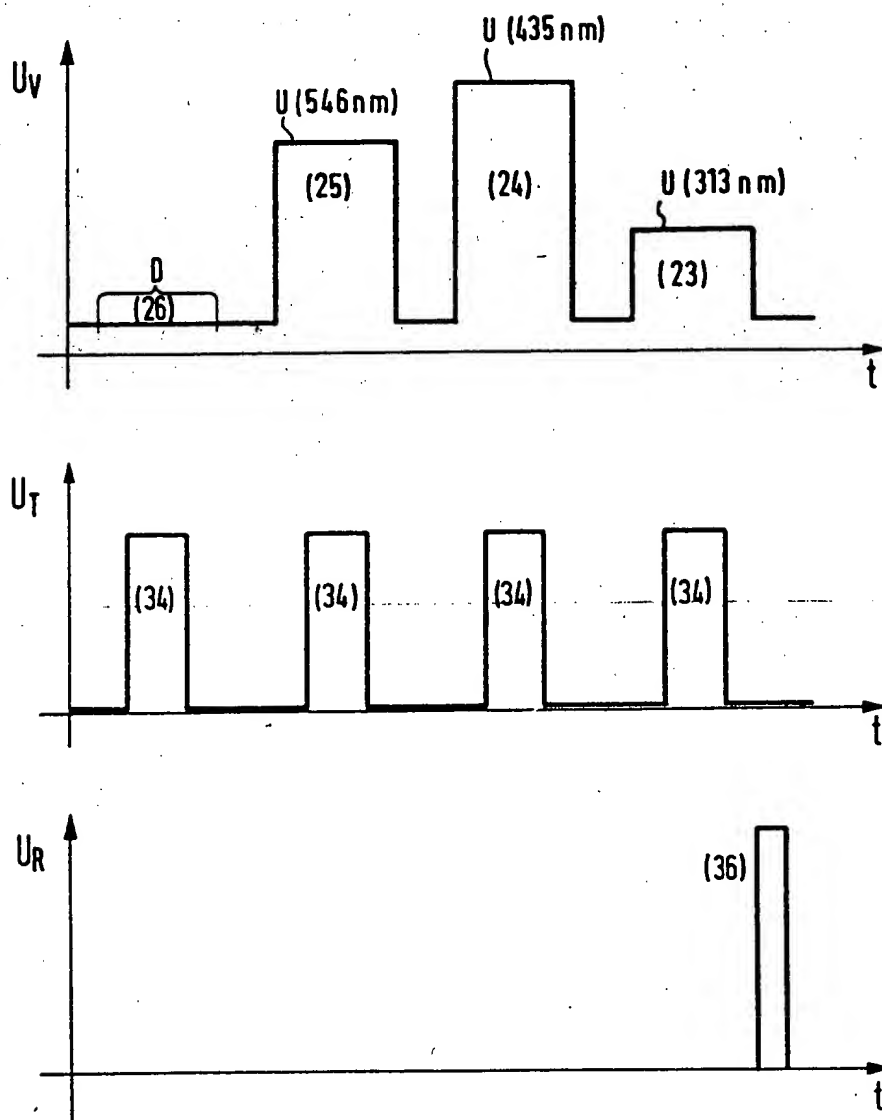
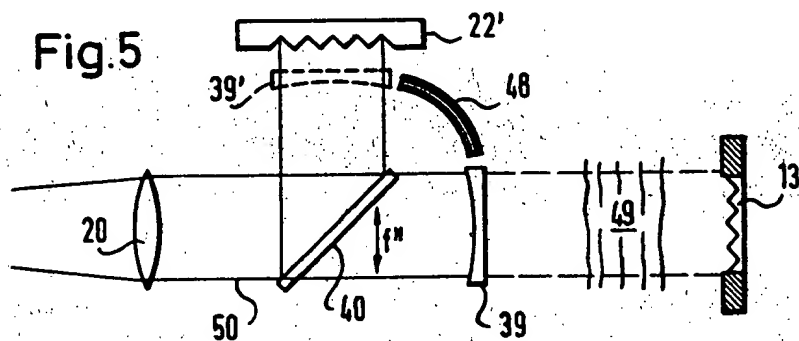


Fig. 4





**Fig. 6**

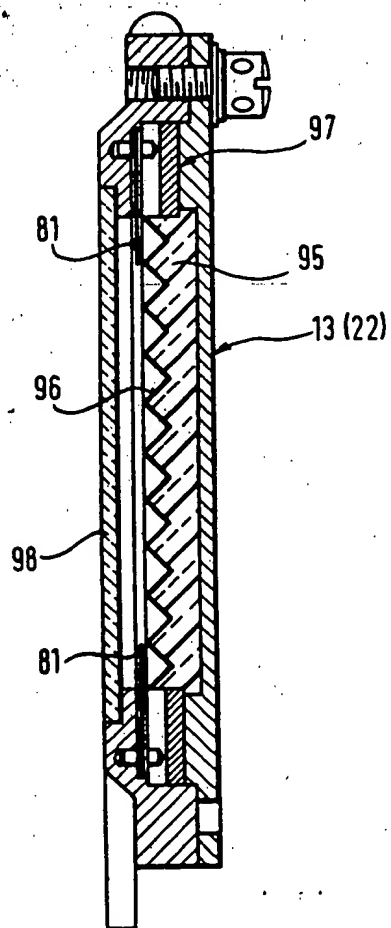


Fig.5

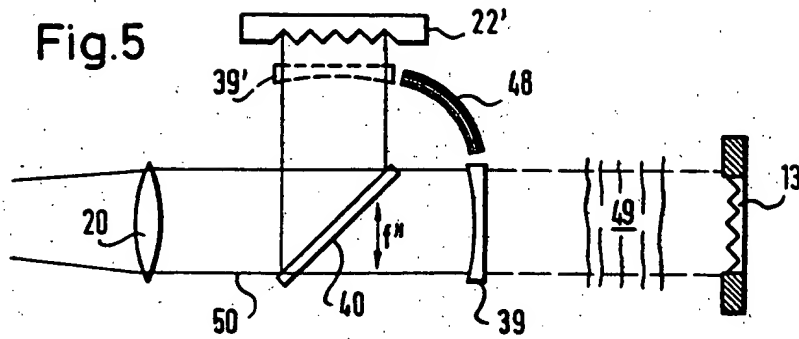


Fig.6

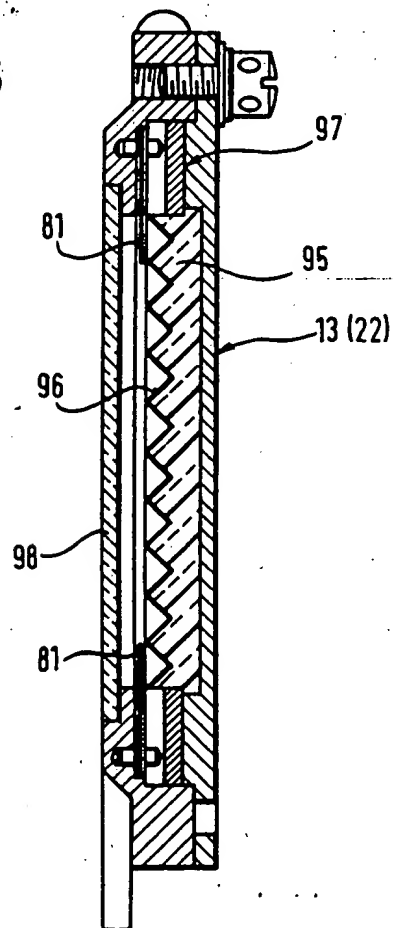
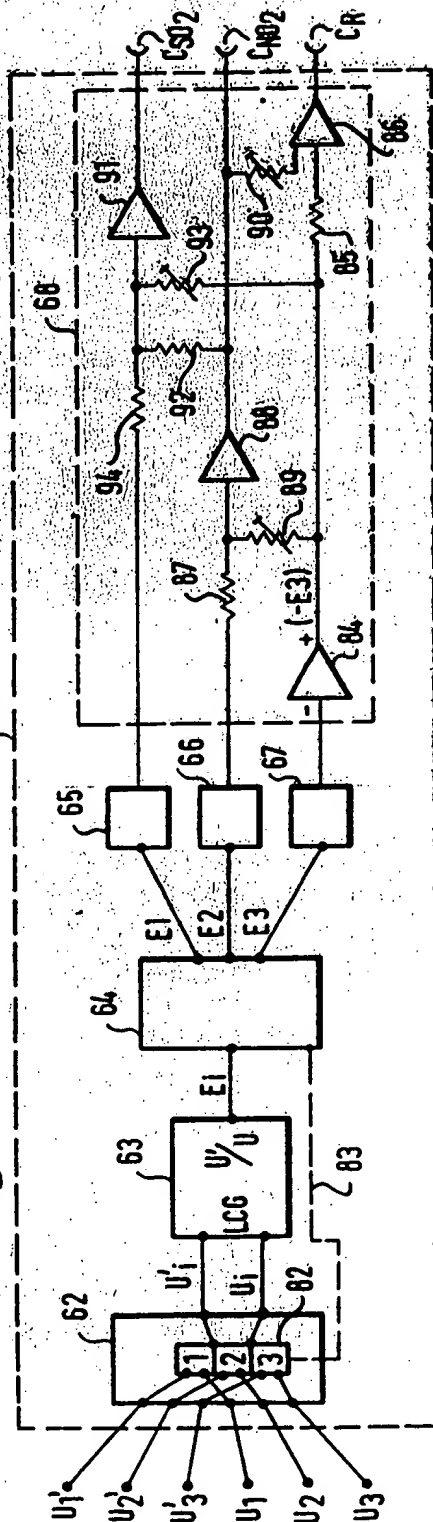


Fig. 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**